

時間交通量の予測法に関する検討

清水 光*

A Study on the Prediction Methods of Hourly Traffic Volume

Hikaru SHIMIZU

ABSTRACT

In this paper three prediction methods of hourly traffic volume are considered from the system-theoretic point of view. As a result, it is confirmed that the prediction method, which predicts hourly traffic volume a month ahead by use of annual, monthly, weekly, and hourly factors defined in traffic engineering, minimize the mean of prediction error.

1. まえがき

時間交通量の予測は、交通量の制御、交通騒音の予測、自動車排出ガスによる大気汚染の予測などの問題に欠かすことのできない基本的な問題である。⁽¹⁾建設省では、全国443箇所（昭和58年度現在）の観測地点で車両感知器による時間交通量の常時観測を実施している。

ここでは、昭和49年よりコイル式車両感知器を用いて時間交通量の常時観測を実施している広島県福山市内国道2号線の観測データに基づき、時間交通量の予測法についてシステム理論的観点より考察した。交通量の変動特性や推定については、主として交通工学の立場から研究が進められてきた。^{(2),(3)}しかし、時間交通量の予測法については、まだ十分に解明されていないようである。そこで、観測データが豊富で精度も比較的良く、実測データも整っている福山市内国道2号線の常時観測データに着目し、以下の手順で時間交通量の予測法について検討した。

時間交通量の変動特性を交通工学的特性解析に基づき、離散時間線形システムと差分線形システムで表現した。導出された状態方程式を用いて1ヶ月先の時間交通量を予測する方法（予測法1）、状態方程式の過去の平均的特性を将来の予測にそのまま用いる方法（

予測法2）、線形ダイナミカルシステムで最も代表的な予測法であるカルマンフィルターにより1時間先の時間交通量を予測する方法（予測法3）、の3つの予測法について予測誤差率の平均値と分散を算出し、精度について比較した。

2. 時間交通量のシステム表現

時間交通量は、年度、月、曜日、時刻により変動するものとする。交通工学で定義されている年係数、月係数、曜日係数、時間係数を用いて時間交通量 $x(i, j, \ell, r)$ の変動特性を式で表わすと次式

$$x(i, j, \ell, r) = a_t(s) C_y(i) C_m(j) C_w(\ell) C_t(r) + u_1(i, j, \ell, r) \quad (2.1)$$

となる。上式で、添字 i, j, ℓ, r は、それぞれ、年度、月、曜日、時刻を示している。また、 $a_t(s)$ は基準年度 s の年平均日交通量、 $C_y(i)$ は年係数、 $C_m(j)$ は月係数、 $C_w(\ell)$ は曜日係数、 $C_t(r)$ は時間係数、 $u_1(i, j, \ell, r)$ は数式モデルの誤差をそれぞれ示している。

車両感知器による時間交通量の観測値 $y(i, j, \ell, r)$ は、雑音が加法的に加わっていると考えて次

$$y(i, j, \ell, r) = C(i, j) [x(i, j, \ell, r) + v_1(i, j, \ell, r)] \quad (2.2)$$

式で表わす。上式で、 $C(i, j)$ は車両感知器の補正係数、 $v_1(i, j, \ell, r)$ は観測雑音をそれぞれ示している。

つぎに、曜日と時刻による変動のみを考慮して時間交通量の変動特性を次式

$$x(\ell, r) = a(\ell, r-1)x(\ell, r-1) + u_2(\ell, r-1) \quad (2.3)$$

$$y(\ell, r) = C(i, j)[x(\ell, r) + v_2(\ell, r)] \quad (2.4)$$

で表わされるものとする。上式で、 $a(\ell, r-1)$ は時間係数より求めたシステムの係数、 $u_2(\ell, r-1)$ は数式モデルの誤差、 $v_2(\ell, r)$ は観測雑音をそれぞれ示している。以上のように、ここでは、ある地点の時間交通量の変動特性に関するシステムを離散時間線形システムで表わした。

3. 時間交通量の予測法

3.1 予測法

先に導出された時間交通量のシステムに基づき、システム理論的観点から時間交通量を予測する手法について考察する。

予測法1

システム式(2.1)より、時間交通量を次式

$$\begin{aligned} \tilde{x}(i, j, \ell, r) &= a_t(s) \tilde{C}y(i, j) \bar{C}m(j) \\ &\quad \bar{C}w(\ell) \bar{C}t(r) + \bar{u}_1(i, j, \ell, r) \\ \tilde{C}y(i, j) &= \frac{\text{MDT}(i, j-n)}{\text{MDT}(i-1, j-n)} \times Cy(i-1) \\ n &= 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (3.1)$$

で予測する。上式で \tilde{x} は予測値、 \bar{x} は平均値をそれぞれ示している。また、 $\text{MDT}(i, j-n)$ は、 i 年度 j 月から過去に n ヶ月さかのぼった n ヶ月間の月平均日交通量の平均値を示している。なお、 n の算定については3.2で考察する。この予測法は、年係数の予測を月平均日交通量の比で1ヶ月先まで予測できるところに特徴がある。

予測法2

システム式(2.3)に基づき、過去の平均的特性をそのまま将来の時間交通量の予測に用い、次式

$$\tilde{x}(\ell, r) = a(\ell, r-1)\bar{x}(\ell, r-1) + \bar{u}_2(\ell, r-1) \quad (3.2)$$

で計算する。この予測法は、時間交通量の年度、月による変動の小さい場合に有効である。

予測法3

線形ダイナミカルシステムの予測法として最もよく知られているカルマン・フィルタ⁽⁴⁾を式(2.3)、式(2.4)について導くと、次式

$$\begin{aligned} \hat{x}(\ell, r) &= \tilde{x}(\ell, r) + \sigma_x^2(\ell, r) C^{-1}(i, j) \\ &\quad \sigma_v^2(\ell, r) \cdot \\ &\quad \{y(\ell, r) - C(i, j)[\tilde{x}(\ell, r) + \bar{v}_2(\ell, r)]\} \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\tilde{x}(\ell, r) = a(\ell, r-1)\tilde{x}(\ell, r-1) + \bar{u}_2(\ell, r-1) \quad (3.4)$$

$$\sigma_x^2(\ell, r) = [\sigma_m^{-2}(\ell, r) + \sigma_v^{-2}(\ell, r)]^{-1} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \sigma_m^2(\ell, r) &= a^2(\ell, r-1)\sigma_x^2(\ell, r-1) + \\ &\quad \sigma_v^2(\ell, r-1) \end{aligned} \quad (3.6)$$

のように表わされる。ここで、確率過程 $x(\ell, r)$ 、 $u_2(\ell, r)$ 、 $v_2(\ell, r)$ の平均値と分散は、次式

$$\begin{aligned} E[x(\ell, r)] &= \bar{x}(\ell, r) \\ E[x(\ell, r) - \bar{x}(\ell, r)]^2 &= \sigma_x^2(\ell, r) \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned} E[u_2(\ell, r)] &= \bar{u}_2(\ell, r) \\ E[u_2(\ell, r) - \bar{u}_2(\ell, r)][u_2(\ell, t) - \bar{u}_2(\ell, t)] &= \sigma_u^2(\ell, r)\delta_{rt} \end{aligned} \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} E[v_2(\ell, r)] &= \bar{v}_2(\ell, r) \\ E[v_2(\ell, r) - \bar{v}_2(\ell, r)][v_2(\ell, t) - \bar{v}_2(\ell, t)] &= \sigma_v^2(\ell, r)\delta_{rt} \end{aligned} \quad (3.9)$$

でそれぞれ定義される。上式で、 E は期待値を示し、 δ_{rt} はクロネッカのデルタで、次式

$$\delta_{rt} = \begin{cases} 1 & (r=t) \\ 0 & (r \neq t) \end{cases} \quad (3.10)$$

を満足する。この予測法は、観測値 $y(\ell, r)$ を用い、式(3.4)より1時間先の時間交通量が予測でき、オンラインリアルタイム処理に適している。

3.2 パラメータ n 、平均値、分散の算定

予測法1のパラメータ n の算定は、次式

$$e_p(i, j, \ell, r) = \frac{\tilde{x}(i, j, \ell, r) - x(i, j, \ell, r)}{x(i, j, \ell, r)} \times 100 \quad (3.11)$$

の予測誤差率の平均値と標準偏差を共に最小にする n を最適と考えて決定した。式(3.11)で、 $x(i, j, \ell, r)$ は時間交通量の人手によるカウンターの実測値を示す。昭和56年4月から59年1月までの実測された15日間について、 $n=1$ から $n=6$ まで変化させて予測誤差率の平均値と標準偏差の変動を示すと Fig. 1 と Fig.2 の結果が得られた。平均値の絶対値は、 $n=3 \sim 4$ 付近で一度増加し、 $n=5$ で減少する。標準偏差は、上りで n の増加と共に減少し、下りで $n=4$ で一度増加し、 $n=5 \sim 6$ で再び減少する。以上の結果より、パラメータ n を $n=5$ と算定した。

また、係数 $Cw(\ell)$ と $Ct(r)$ の平均値は、昭和51年4月から55年3月までの期間の観測データを用いて算定した。その他のモデル誤差 $u_1(i, j, \ell, r)$, $u_2(\ell, r-1)$, 係数 $a(\ell, r-1)$, 補正係数 $C(i,$

$j)$, 観測誤差 $v_1(i, j, \ell, r), v_2(\ell, r)$ の平均値や分散については、人手によるカウンターの実測値⁽⁵⁾とコイル式車両感知器の観測値に基づいて算定した。

4. 計算結果と考察

予測法1, 予測法2, 予測法3に関する予測誤差率の平均値を昭和56年4月から59年1月までの実測日について計算し、午前7時から午後7時までの昼間12時間における時間変動を示すと Fig. 3, Fig. 4 の結果を得た。上りと下りについて総合的に判断すると、予測誤差率の平均値は予測法1が最も小さく、変動幅も最も小さい。予測誤差率の分散は予測法2が最も小さくなった。予測法3は初期値の影響が大きく表われ良い結果が得られなかった。以上の結果より、予測誤差率の平均値の時間変動が最も安定しているという意味で、予測法1が最も実用的な予測法ではないかと思われる。

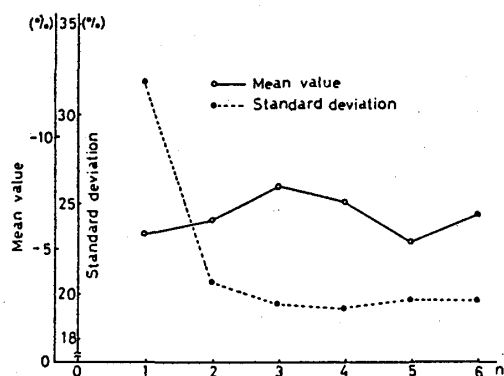


Fig 1 Prediction error characteristics for parameter n (up line)

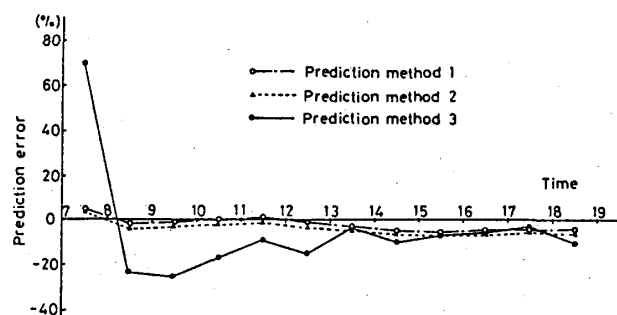


Fig 3 Comparison for prediction error of each prediction method (up line)

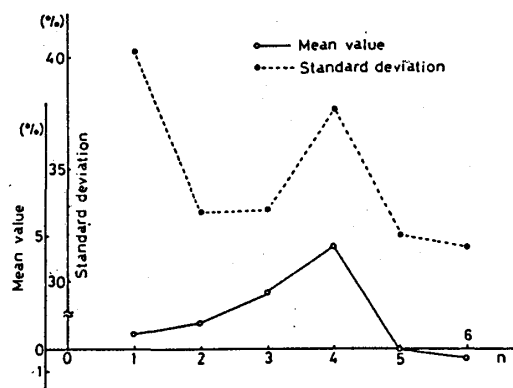


Fig 2 Prediction error characteristics for parameter n (down line)

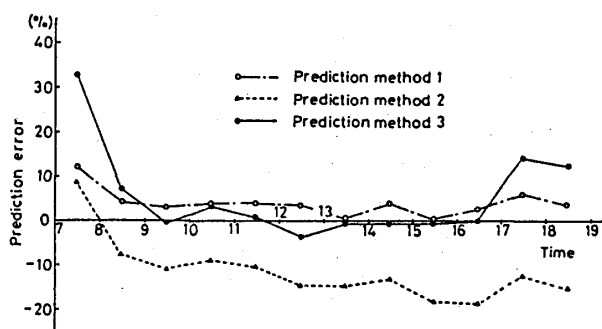


Fig 4 Comparison for prediction error of each prediction method (down line)

5. むすび

交通制御，自動車公害対策，道路設計などの問題に対して基本的に重要な時間交通量の予測方法について，システム理論的観点より考察した。

計算の結果，予測誤差の平均値を最も小さくする方法として，予測法1が最も優れていることが確かめられた。その他，予測法2や予測法3についてもそれぞれ長所があり，実際問題に使用する場合には，さらに目的に最も適した予測法を検討していく必要があるものと思われる。

最後に，この研究を進めるに当って計算を手伝っていただいた昭和59年度本学卒業生の土生剛史君に感謝の意を表します。また，貴重な観測データと実測デー

タを提供していただいた中国地方建設局福山工事事務所の関係の方々に深く謝意を表します。

＜参 考 文 献＞

- (1) 埴克郎監修：交通調査マニュアル，鹿島出版会（1976）
- (2) 八十島，花岡：交通計画，技報堂（1971）
- (3) 米谷栄二監修：交通工学，国民科学社（1977）
- (4) 有本卓：カルマン・フィルター，産業図書（1977）
- (5) 清水，三谷：時間交通量の変動特性のシステム理論的考察，信学技報，Vol. 85 No.12，17/24（1985）